

Sanni-Elina Karvonen

VESIKIERTOISEN PATERIVERKOSTON AJANTASAKUVAT JA TASAPAINOTUSSUUNNITELMA

VESIKIERTOISEN PATTERNIVERKOSTON AJANTASAKUVAT JA TASAPAINOTUSSUUNNITELMA

Sanni-Elina Karvonen
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikka, LVI

Tekijä: Sanni-Elina Karvonen

Opinnäytetyön nimi: Vesikiertoisen patteriverkoston ajantasakuvat ja tasapainotussuunnitelma

Työn ohjaaja: Martti Rautiainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017 Sivumäärä: 45 + 2 liitettä

Opinnäytetyön päätarkoituksena oli saada Asunto Oy Limingan Oravan käyttöön ajantasaiset lämpökuvat sekä patteriverkoston tasapainotussuunnitelma. Lisätarkoituksena oli perehtyä vesikiertoisen patterilämmityksen toimintaan ja laitteistoon, lämmitysongelmiin sekä perussäätöön.

Työssä käydään tarkemmin läpi muun muassa vesikiertoisen patterilämmityksen laitteiston pääosat, säätökäyrän asetus ja terveellinen huonelämpötila. Perussäädön toteutuksen lisäksi käydään läpi säädön edellytyksiä ja hyötyjä sekä minkälaisia ongelmia lämmitysverkostossa voi ilmetä.

Työ aloitettiin kiinteistön tarkalla kartoituksella. Kartoituksen jälkeen selvitettiin rakenteiden U-arvot ja suoritettiin lämpöhäviölaskenta MagiCAD Room -ohjelmalla. Patteriverkoston ajantasamallinnus työstettiin MagiCAD-ohjelmalla, jolla suoritettiin myös kohteen tasapainotus. Tasapainotusta tehtäessä otettiin huomioon kohteesta uusittavat laitteistot.

Työn tilaaja tulee toteuttamaan patteriverkoston tasapainotuksen tämän opinnäytetyön suunnitelman mukaisesti. Perussäädöllä pyritään saamaan kohteeseen tasaiset lämpötilat huoneistojen välillä ja vähennettyä lämmitysenergiankulutuksia.

Asiasanat: lämmitys, vesikiertoinen, patteriverkosto, tasapainotus, perussäätö

ALKULAUSE

Tämän opinnäytetyön tilaajana oli taloyhtiö As Oy Limingan Orava. Tilaajan yhteyshenkilönä toimi isännöitsijä Jukka Pietiläinen. Ohjaajana toimi Martti Rautiainen Oulun ammattikorkeakoulusta.

Haluan erityisesti kiittää Jukka Pietiläistä saumattomasta yhteistyöstä koko opinnäytetyön ajan. Hän lisäksi ohjasi ottamaan yhteyttä LVI-suunnittelija Jouko Taskiseen, jota haluan kiittää suunnitteluun liittyvistä neuvoista.

Suuret kiitokset myös hienopuuseppä Arto Takkiselle, joka oli mukana kartoituksessa purkamassa huoneistojen kotelointeja.

Koululta haluan kiittää eritoten ohjaajaani Martti Rautiaista sisällön ja teknisen puolen ohjauksesta sekä Pirjo Partasta työn kieliasun tarkistuksesta ja palautteesta.

Lisäksi kiitos kuuluu Jonille, ystäväilleni ja perheelleni tuesta työn aikana.

Oulussa 29.05.2017

Sanni-Elina Karvonen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 VESIKIERTOISET LÄMMITYSPATTERIT	8
2.1 Patterilämmitysverkoston pääosat	9
2.1.1 Pumppu	9
2.1.2 Paisunta- ja varolaitteet	9
2.1.3 Termostaattinen patteriventtiili	10
2.1.4 Linjasäätöventtiili	12
2.2 Säätokäyrä	13
2.3 Huonelämpötila	14
2.4 Vesikiertoisien patteriverkoston ongelmia	15
2.4.1 Ilma verkostossa	15
2.4.2 Epäpuhtaudet verkostossa	15
2.4.3 Ääniongelmia	17
2.4.4 Paisunta-astia	17
2.4.5 Säätytyössä tehdyt virheet	18
3 PATTERNVERKOSTON PERUSSÄÄTÖ	19
3.1 Perussäädön edellytykset	20
3.2 Perussäädön hyödyt	20
3.3 Perussäädön esivalmistelu	20
3.4 Uusittavat laitteet	21
3.5 Korjausrakentamiskohteen perussäätö	21
4 PERUSSÄÄDETTÄVÄ KOHDE	22
4.1 Kohteen tausta	22
4.2 Kartointi	24
4.3 Vanhat patteritiedot	30
4.4 U-arvot ja lämpöhäviöt	33
4.5 Tasapainotuksessa huomioon otettuja asioita	38
4.6 Säädön toteutus	39

5 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	43
Liite 1 TA STAD Linjasäätöventtiili	
Liite 2 RA-N Patteriventtiili	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on saada kiinteistöstä ajantasaiset piirustukset patteriverkoston tasapainotuksen suunnittelua varten. Mittaustulosten pohjalta laaditaan kiinteistöstä tietokoneella patterilinjaista ajantasapiirustukset, jotka tulevat taloyhtiön As Oy Limingan Oravan käyttöön. As Oy Limingan Oravan hallitus on tilannut edellä mainitun kartoitus- ja suunnittelutyön, ja tilaajan yhteyshenkilönä toimii taloyhtiön isännöitsijä Jukka Pietiläinen.

Vuonna 1970 valmistuneessa taloyhtiössä on tehty putkistojen pintaan nosto vuonna 1985, ja tästä muutoksesta ei ole kuvia tallessa. Kiinteistön patterilinjat on tarkoitus tasapainottaa uudelleen. Kiinteistöön kuuluu 21 huoneistoa.

Työhön kuuluu kohteen läpi kiertäminen eli kartoitus. Kartoituksessa selvitetään putkistojen ja pattereiden tiedot, linjat ja koot sekä venttiileiden olemassa olevat esisäättöarvot. Tämän jälkeen laaditaan tietokoneella ajantasakuvat vanhoihin pohjapiirustuksiin ja tehdään tasapainotuslaskelmat. Haasteena tulee olemaan lämpöhäviölaskenta vanhojen rakenteiden U-arvojen laskennassa sekä vanhojen pattereiden tietojen saaminen.

Patteriverkoston tasapainotuksen suunnittelussa käytetään MagiCAD-ohjelmaa, jolla patteriverkosto mallinnetaan ja mitoitetaan. Lämpöhäviöiden määrittelyssä käytetään MagiCAD Room -ohjelmaa.

Teoriaosassa perehdytään tarkemmin vesikiertoiseen patterilämmitykseen. Lisäksi käydään läpi patteriverkoston varusteita, yleisiä lämmitysongelmia ja tasapainotuksen toteutus.

2 VESIKIERTOISET LÄMMITYSPATTERIT

Vesikeskuslämmitysjärjestelmässä lämmönlähteenä on yleensä kaukolämpö, öljy, puu, maakaasu tai niiden yhdistelmä. Lämmönjakotapoja ovat patterilämmitys, lattialämmitys tai niiden yhdistelmä. Kaksiputkinen patterilämmitys on yleisin vesikeskuslämmityksen lämmönjakotapa. (1) Taulukossa 1 on esitetty eri lämmönlähteille ja lämmönjakotavoille suositeltavia mitoituslämpötiloja. Kaukolämmityksen mitoituslämpötilat ovat enimmäislämpötiloja, ja mitoituksen tavoitteena ovat mahdollisimman alhaiset lämpötilat ja suuri lämpötilaero.

TAULUKKO 1. Eri lämmönjakotavoille sopivia mitoituslämpötiloja (2, s. 2)

Lämmönlähde	Lämmönjakotapa	Meno/paluuveden lämpötila °C	
Öljylämmitys	kaksiputkijärjestelmä	70/40	(60/40)*
	yksiputkijärjestelmä	60/50	
Kaukolämmitys	kaksiputkijärjestelmä	70/40**	
	yksiputkijärjestelmä	60/50	
Varaava lämmitys	kaksiputkijärjestelmä	60/40	
	yksiputkijärjestelmä	60/50	
Lämpöpumppulämmitys	kaksiputkijärjestelmä	60/40	
	yksiputkijärjestelmä	60/50	

*) matalalämpöjärjestelmissä

**) lämpötilat ovat enimmäislämpötiloja.

Vesikiertoiset lämmityspatterit eli radiaattorit lämmittävät rakennuksen huonetiloja luovuttamalla niihin tarvittavan määrän lämpöä. Lämmönlähteeltä lähtevä menovesi lämmittää radiaattorit. Lämpö siirtyy huoneilmaan säteilyn ja konvektion kautta. Jäähdyntynyt paluuvesi palaa uudelleen lämmitettäväksi esimerkiksi lämmönvaihtimelle kaukolämpökeskukseen. Kaukolämpökeskuksen kiertovesipumpun avulla vesi saadaan kiertämään verkostossa. Verkoston menoveden lämpötilaa säädetään ulkoilman lämpötilan mukaan säätökäyrän avulla. Lämmitystarve kasvaa sen mukaan, mitä kylmempi ulkoilma on. Vesikiertoisessa patterilämmityksessä käytetään matalia veden lämpötiloja, jolloin pattereiden pintalämpötilat eivät ole polttavia ja energiahäviöt saadaan pidettyä matalina. (1; 3.)

Patterit sijoitetaan yleensä ikkunoiden alle. Varsinkin vanhoissa kiinteistöissä pattereiden on hyvä olla koko ikkunan levyisiä. Tällöin patterin tuoma lämpö tasa-
saa ikkunoiden kautta johtuvaa viileää ilmaa ja estää vedon tunteen syntymistä. Patteriverkostoon ja lämmityspattereihin kertynyt ilma saadaan tarvittaessa poistettua ilmaruuvilla, joka on lämmityspatterissa. Toimiessaan oikein lämmityspatteri on lämmin yläosasta ja alaosasta viileämpi. (3.)

Vesikiertoiseen patterilämmitysjärjestelmään sopivia lämmöntuottotapoja:

- kaukolämmitys
- öljylämmitys
- maakaasulämmitys
- lämpöpumppulämmitys
- lämmitys kiinteällä polttoaineella
- varaava ja osittain varaava sähkölämmitys (4).

2.1 Patterilämmitysverkoston pääosat

2.1.1 Pumppu

Patteriverkoston pumpun tehtävänä on kierrättää vettä lämmönlähteeltä lämmitysverkoston eri osiin. Nykyään vesikiertoisissa lämmitysjärjestelmissä yleisimmin käytetyt pumpput ovat taajuusmuuttajalla varustetut keskipakopumpput sekä automaattisesti lämmitysjärjestelmää analysoivat kiertovesipumpput, jotka on varustettu erilaisilla säätötoiminnoilla. (5.)

2.1.2 Paisunta- ja varolaitteet

Koska patteriverkoston putkisto ja muut laitteet eivät kestä veden lämpölaajenemista, lämmitysjärjestelmään tulee asentaa paisunta-astia. Lämmitessään laajeneva vesi virtaa paisunta-astiaan ja näin estää liiallisen paineen nousun verkostossa. Paisunta-astiassa on puolivälissä kumikalvo, jonka toisella puolella on vettä ja toisella kaasua. Kaasun tehtävä on olla vastapaineena, kun verkoston paine laskee. (5.) Ajan kuluessa kaasun määrä saattaa vähentyä astiasta, mikä johtuu kumikalvon ja venttiilin pienestä vuodosta. Esipaine on tämän vuoksi hyvä tarkistaa säännöllisesti parin vuoden välein. (6, s. 5.)

Paisunta-astian tehdaspaine on yleensä 1,5 bar. Asennuksen yhteydessä putki-asentaja säättää paineen kiinteistöön sopivaksi. Yksikerroksiseen taloon sopiva paine on noin 0,5 bar ja kaksikerroksiseen 0,5 - 0,8 bar. (7)

Varoventtiili suojaa putkistoa ja sen laitteistoa, kuten paisunta-astiaa, liialliselta paineelta. Verkoston paine nousee liian suureksi, jos paisunta-astian laajenemistilavuus ei riitä. Silloin varoventtiili avautuu ja laskee järjestelmästä liiallisen nesteen, kunnes paine on riittävän alhainen. Varoventtiilin avautumispaineen tulee olla suurempi kuin paisunta-astian esipaine mutta korkeintaan yhtä suuri kuin verkoston korkein sallittu käyttöpaine, mielellään kuitenkin pienempi. (6, s. 4.)

2.1.3 Termostaattinen patteriventtiili

Termostaattinen patteriventtiili asennetaan lämmityspatterin yhteyteen. Se säätelee patterissa kulkevan veden virtausta lämmityspatterin läpi pitäen huoneen lämpötilan säädettyssä arvossa. Venttiili koostuu esisäätöosasta sekä siihen liitettävästä termostaattiosasta. Esisäätöosasta pystytään säätämään patteriventtiilin esisäätöarvo. Esisäätöarvolla määritetään venttiilin virtausaukon maksimikoko. Sitä ei tule muuttaa muulloin kuin patteriverkoston perussäädön yhteydessä (kuva 1). Termostaattiosa on puolestaan automaattisesti toimiva huonelämpötilaa tarkkaileva ja siihen reagoiva säädin, joka säättää venttiilin aukon kokoa (kuva 2.). (5.) Esisäädön tarkoitus on tasoittaa veden virtausta. Lähempänä kiertovesipumppua olevat patterit säädetään pienelle, jotta pumpun tuottama paine-ero ja virtaus riittäisi myös kauempiin pattereihin saakka. Esisäädön ase- tukseen vaikuttavat myös patterin koko ja huoneen tilavuus. (8.)



KUVA 1. Patteriventtiili RA-N (9)



KUVA 2. Danfossin termostaattiosa (9)

2.1.4 Linjasäätöventtiili

Linjojen vesivirtaamat säädetään oikeiksi linjasäätöventtiilillä (kuva 3). Säädön lisäksi venttiilistä voidaan mitata vesivirtaa ja painehäviötä sekä sulkea ja tyhjentää linja. Linjasäätöventtiili asennetaan sellaiseen kohtaan putkistoa, missä virtaamaa on riittävästi venttiiliin säädettävyyden kannalta. Jotta linja voidaan tyhjentää korjaustöiden ajaksi, tulee venttiili asentaa paluupuolelle. (5.)



KUVA 3. TA STAD linjasäätöventtiili (10)

Oikean esisäätöarvon asettamiseksi niin linjasäätöventtiilille (kuva 4) kuten myös patteriventtiilille, tarvitsee ensin tietää venttiilin kv-arvo. Kv-arvo saadaan laskettua kaavalla 1 (10, s. 3.).

$$kv = \frac{qv}{\sqrt{\Delta p}}$$

KAAVA 1

missä qv = tilavuusvirta, m^3/h
 Δp = painehäviö, bar

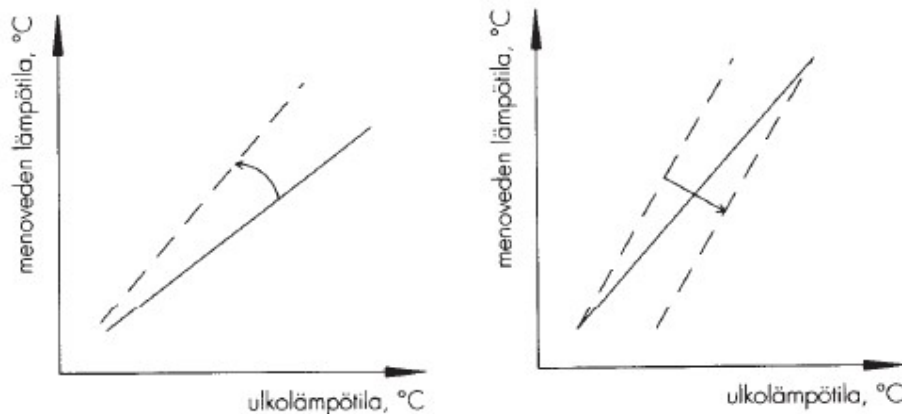


KUVA 4. Numeronäyttöisen käsipyörän avulla esisäätöarvojen asettelu voidaan tehdä tarkasti. (10, s. 4)

2.2 Säätökäyrä

Lämmityksen säätökäyrällä ohjataan lämmitysverkostoon menevän veden lämpötilaa vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä. Säätökeskuksesta asetetaan lämmityksen säätökäyrä. Nykypäivän säätökeskukset ovat digitaalisia ja vanhemmat säätölaitteet ovat analogisia. Analogisessa säätimessä oikea säätökäyrä haetaan säätönupeilla säätimestä. Digitaalisessa säätimessä voidaan säätökäyrä asettaa tyypillisesti kolmen lämpötilapisteparin avulla. Jokaiselle taloyhtiölle oikeanlainen säätökäyrä löytyy kokeilemalla. Säätökäyrän asettelu tapahtuu yleensä ohjelmallisesti määrittelemällä menoveden lämpötilan asetusarvoja eri ulkolämpötiloille. Säätöjärjestelmän toimittaja antaa yksityiskohtaiset ohjeet säätökäyrän asettelusta. (11.)

Yleisemmin säätökäyrän asettelussa muutetaan säätökäyrän jyrkkyyttä eli kulmakerrointa ja/tai sen tasoa suuntaissirrolla (kuva 5). Esimerkiksi kun huonelämpötila on vain kovilla pakkasilla liian korkea, loivennetaan säätökäyrää. Kun taas eri ulkolämpötiloilla tasaisena pysyvä huonelämpötila on yli halutun tavoitearvon, säädetään käyrää suuntaissirrolla. (12, s. 7.)



KUVA 5. Jyrkempi säätökäyrä valitaan, kun huoneilma on vain leudoilla ilmoilla liian korkea. Tämän jälkeen säätökäyrää suuntaissiirretään alaspäin, että menoveden lämpötila laskee. (12.)

2.3 Huonelämpötila

Sisäilmastotutkimusten mukaan suurin osa ihmisistä on tyytyväisiä oleskelutilojen huonelämpötilan ollessa keskimäärin 21 °C. Sitä pidetään myös terveellisenä ja energiataloudellisena lämpötilana. Suomen olosuhteissa tavanomaisilla patteriverkoston mitoituslämpötiloilla patteriverkoston menoveden lämpötilan muuttaminen 2 °C muuttaa huonelämpötiloja noin 1 °C. (6.)

Kodin suositellavat lämpötilat vaihtelevat tiloittain:

- oleskelutilat 20 - 21 °C
- makuuhuoneet 18 - 20 °C
- varasto 12 °C
- autotalli 5 °C (6).

Lämpötilan lasku esimerkiksi 24 °C:sta 21 °C:seen vähentää sisäilmaoireiden määrää noin 1/3:lla. Kesken lämmityskauden kannattaa välttää huoneilman lämpötilan jyrkkää muutosta. Ihminen tottuu noin viikossa 0,5 - 1,0 asteen suuruiseen huonelämpötilanpudotukseen. (13.)

2.4 Vesikiertoisen patteriverkoston ongelmia

2.4.1 Ilma verkostossa

Pattereihin kertyy ilmaa yleensä täytön ja huoltotöiden yhteydessä verkostoon lisättävään veteen liuenneena. Tämän lisäksi ilmaa pääsee verkostoon liitosten, tiivisteiden ja pumpun kautta sekä diffusoitumalla muovisten putkiosien läpi. Veden lämmitessä osa kaasuista muodostuu kupliksi, jotka haittaavat veden virtausta verkostossa ja saattavat aiheuttaa äänihaittaa ja jopa estää kokonaan veden virtauksen. Ilma aiheuttaa putkistossa korroosiota, mikä taas aiheuttaa veden kierron heikkenemistä, pattereiden epätasaista lämpenemistä, vuotovaurioita, toimilaitteiden jumiutumista ja energiakustannusten nousua. (14.)

Jos verkostoa joudutaan jatkuvasti täyttämään, tulee veden lisäystarpeen syy aina selvittää. Jatkuva täyttäminen lyhentää teräsputkien ikää, sillä ilman sisältämä happi aiheuttaa sisäpuolista korroosiota. Ilmaa voidaan poistaa verkostosta automaattisella tai käsikäyttöisellä ilmanpoistimella, joka asennetaan verkoston ylimpään kohtaan. Ilmaa voidaan poistaa myös paikallisesti lämmityspatterin jakosäätimen ilmanpoistimen kautta. Jos verkosto on kokonaan tyhjenetty, voidaan vesi käsitellä ennen verkostoon pumppaamista termisellä vedenkäsittelylaitteella. Erilaisten lisäaineiden lisääminen lämmitysverkostoon ei kuitenkaan ole normaaliolosuhteissa eikä pieni kokoisissa verkostoissa tarpeen. (1, s. 7.)

2.4.2 Epäpuhtaudet verkostossa

Korroosiossa muodostuvat epäpuhtaudet ja asennus ja korjaustöiden yhteydessä irtoavat hitsausjätteet aiheuttavat patteriventtiilien tukkeutumista, pattereiden epätasaista lämpenemistä, vedenkierron heikkenemistä, vuotovaurioita ja energiakustannusten nousua. Koska patteriventtiilin virtausaukko on kooltaan vain 0,1–5 mm², pienikin roska voi aiheuttaa venttiilin tukkeutumisen. Tukkeutunut virtausaukko aiheuttaa lämmitysongelmia sekä verkoston epätasapainoa. Korroosiota aiheuttavan ilman sisältämä happi syövyttää putken pintaa. Syöpynyt pinta irtoaa putkesta rautasakkana, joka kiertää verkostossa vesivirran mu-

kana aiheuttaen tukkeumia ja kerrostumaa putken sisäseinämiin (kuva 6). Kerrostuma pienentää putken virtausaukkoa ja kasvattaa huomattavasti painehäviötä. Epäpuhtauksia kertyy lisäksi myös lämmönsiirtimeen ja pumpun roottoriin. Ilman lisäksi putkistoa hapettaa muoviputken läpi aiheutuva happidiffuusio.



KUVA 6. Putken sisäpintaan kertynyttä sakkaa. (15)

Verkoston ilmauksella voidaan ehkäistä tukkeutumien aiheuttamia lämmitysongelmia. Myös materiaalivalinnoilla ja asennustoimilla on tukkeumia ennaltaehkäiseviä ominaisuuksia. Nykyään esimerkiksi happidiffuusiosuojatut muoviputket estävät osaltaan veden hapettumisen lämmitysverkostossa.

Jos verkostoon on päässyt jo muodostumaan epäpuhtauksia, on verkosto puhdistettava. Puhdistus tehdään ennen mahdollisia säätötoita, että saadaan selville säädön tarpeellisuus sekä se, ettei vaihdeta toimivia venttiileitä joihin on kertynyt vain likaa. Verkosto voidaan puhdistaa huuhtelemalla tai puhdistus voidaan toteuttaa verkostoon asennettavalla automaattisella lianerottimella. Lianerotin kerää virtaavan veden mukana kulkeutuvan lian talteen ja se voidaan tarvittaessa tyhjentää. (15.)

Verkosto voidaan huuhdella myös lämmönjakohuoneesta kytkemällä puhdistuslaite väliaikaisesti esimerkiksi pumpun tilalle. Huuhtelussa hyödynnetään kavitaatio-ilmiötä ja veden korkeaa virtausnopeutta. Kavitaatiossa vesi alkaa kiehua alipaineen johdosta ja kiehumisen aiheuttamat kuplat irrottavat kerrostumat putkista ja vesivirta huuhtoo irronneen sakan verkostosta puhdistusveden mukana. (8.)

2.4.3 Ääniongelmat

Pääsyyt vesikiertoisien patterilämmitysputkiston äänitekniisiin ongelmiin löytyvät usein lämmityslaitteiden pumpuista ja venttiileistä. Pumppujen aiheuttama ääni on mekaanisten osien aiheuttamaa tärinää tai sykkivän nestevirtauksen painevaihtelua. Yleisesti eniten häiritsevää ääntä aiheuttavat patteriventtiilit. Venttiili ja putkisto on yleensä mitoitettu liian tiukaksi tai pumppu mitoitettu liian suureksi, jos patteri- tai linjasäätöventtiilin aiheuttama ääni on liian suuri. Virtaavan nesteen aiheuttama ääni syntyy ensisijaisesti venttiileissä, joissa nopeus on suurimmillaan. Pattereissa syntyvästä äänestä päästään yleensä eroon ilmalla patterit. (16.)

Korjausrakentamiskohteissa ääniongelmia saattaa esiintyä, jos putkiston painehäviö on pieni ja vanhat patteriventtiilit on vaihdettu venttiileihin, joiden painero on suurempi. Ääniongelmien välttämiseksi voidaan pumppu varustaa ylivirtausventtiilillä tai käyttää paine-erosäätöistä tai kaksinopeuspumppua. (12.)

2.4.4 Paisunta-astia

Väärin mitoitetun tai rikkinäisen paisunta-astian aiheuttamat lämmitysverkoston ongelmat ovat yleisiä. Paisunta-astian toimintaperiaate on kerrottu luvussa 2.1.2. Jos paisunta-astia on mitoitettu liian pieneksi, aiheuttaa se järjestelmään liian suuren paineen ja tällöin varoventtiili avautuu. Varoventtiili laskee järjestelmästä liian nesteen pois, kunnes paine on riittävän alhainen. Verkoston veden lämpötilan ja paineen laskiessa rakennuksen lämmityspattereille ei virtaa riittävästi vettä. (7.)

Jos varoventtiili on avautunut, joudutaan tyhjentyneeseen verkostoon lisäämään vettä. Tällöin kasvaa riski, että verkostoon pääsee ilmaa. Ilman aiheuttamia ongelmia käydään läpi luvussa 2.4.1.

Myös lämmitysjärjestelmän paineen vaihtelu on merkki paisunta-astian viasta. Paisunta-astian ehjyyden voi tarkistaa avaamalla hatun ilman lisäysventtiilistä ja painamalla venttiilin neulaa varovasti sisäänpäin. Sieltä ei pitäisi tulla vettä, vaan pelkkää ilmaa. Jos paisunta-astian kalvo on rikki, venttiilistä tulee vettä. Tällöin astia täytyy vaihtaa. (8.)

2.4.5 Säättötyössä tehdyt virheet

Lämmitysverkoston säättötyössä on useita eri vaiheita. Niiden tarkka ja huolellinen suunnittelu ja toteutus ehkäisevät tyypillisiä säättötyössä tapahtuvia virheitä. Varsinkin linjasäätöventtiilien säädössä on ensisijaisen tärkeää suorittaa mittaukset venttiilin virtaamalle. Suunnitelmiin merkataan yleensä linjasäätöventtiilin asetusarvo säättötyön helpottamiseksi. Venttiili tulee kuitenkin säätää virtaaman perusteella, jotta linjaan saadaan suunnitelmien mukainen riittävä virtaama.

Säättötyön toiseen vaiheeseen kuuluu lämpötilamittaukset. Mittauksilla varmistetaan verkoston toiminta sekä haluttujen huonelämpötilojen toteutuminen, joten ne ovat erityisen tärkeitä säädön onnistumisen kannalta.

3 PATTERNVERKOSTON PERUSSÄÄTÖ

Perussäädössä rakennuksen lämmitysverkoston vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä säädetään toimimaan suunnitelmien mukaisesti. Perussäädön tuloksena asumismukavuus paranee, kun yli- ja alilämpötilat saadaan tasaantumaan. Samalla energiaa säästetään, sillä lämmitysjärjestelmän perussäädöllä vaikutaan oleellisesti lämmitysenergian kulutukseen varsinkin useamman asunnon kiinteistöissä. Rakennusten lämmitys on noin viidennes energian kokonaiskulutuksesta Suomessa. Yhden asteen yllilämpötila vastaa noin 5 % lisäystä lämmityskustannuksissa. Patteriverkoston perussäätö tulisi tehdä ainakin silloin, kun esimerkiksi rakennuksen lisätään eristystä tai uusitaan ikkunat tai ovet. Tällöin lämpöhäviöt pienenevät. Lisäksi perussäätö olisi hyvä tehdä myös aina patteriventtiilien vaihtamisen yhteydessä. Arviolta noin kolme neljäsosaa Suomen asuinrakennuskannasta on puutteellisesti säädetty. (17.)

Patteriverkosto on syytä tarkastaa seuraavissa tilanteissa:

- Asunnoissa vetää.
- Asunnoissa on liian kylmä/kuuma.
- Lämpötilat vaihtelevat asunnoittain.
- Putkistosta kuuluu ääniä/patterit lorisevat.
- Patteri ei lämpene kunnolla.
- Patteri on kuuma myös kesällä.
- Verkostoon pitää lisätä vettä jatkuvasti.
- Taloyhtiön energian kulutus on kasvanut/korkea. (18.)

Perussäädöllä varmistetaan, että kaikissa huoneistoissa on suunnitelmien mukainen huonelämpötila. Tämä vähentää tuuletuksen tarvetta ja tehostaa energiankäyttöä. Perussäätö korjaa yli- tai alilämpöisen ja epäterveellisen sisäilman. Perussäätö kuuluu vastuuntuntoiseen kiinteistönhuoltoon. Perussäätö jakautuu kolmeen eri vaiheeseen: vesivirtojen säätöön, lämpötilojen säätöön, sekä lämmityskaudella tehtäviin säätöihin.

3.1 Perussäädön edellytykset

Perussäätöhanke onnistunut toteutus edellyttää selvityksen rakennuksen sisälämpötiloista ja energiankulutuksesta, vesivirtojen mittaukset ja niiden tarkistukset, tarkan suunnittelutyön ja dokumentoinnin. Lisäksi saumaton yhteistyö perussäätöhankeeseen osallistuvilta osapuolilta on välttämätöntä. Säädön yhteydessä vanhoihin rakennuksiin yleensä joudutaan uusimaan laitteistoa, mikä edellyttää taloyhtiötä valmiutta investointeihin. (19, s. 3.)

3.2 Perussäädön hyödyt

Perussäädöstä hyötyvät välittömästi asukkaat energiakustannusten laskiessa. Lämmityskustannuksien tasapuolinen jakautuminen asukkaiden kesken varmistetaan perussäädöllä. Perussäätö vaikuttaa lisäksi asumisterveellisyyteen ja viihtyvyyteen. Ylilämpötilojen poistuminen vähentää allergiaoireita ja kuivan ilman ja pölyn aiheuttamia ongelmia. Alilämpötilojen poistaminen puolestaan vähentää kosteutta ja siitä johtuvia bakteeri- ja homeongelmia. Perussäädöllä voidaan vähentää myös patterien kohinaääniä mikä parantaa viihtyvyyttä. (19, s. 3.)

3.3 Perussäädön esivalmistelu

Kiinteistön lämpöjohtojärjestelmän tutkiminen perusteellisesti kuuluu olennaisena osana perussäätöprojektiin. Alkuvaiheessa kuuluu selvittää lämpölaitteiden kunto sekä huomioida yleisesti kiinteistön lämpölaitteiden vaatimat huolto- ja huoltotoimenpiteet. Näitä ovat muun muassa putkiston huuhtelu ja pattereiden ilmaus. Ennen suunnittelun aloittamista on hyvä selvittää myös kiinteistön energian- ja vedenkulutusta. Suunnittelussa tulee lisäksi ottaa huomioon mahdolliset ongelmat, jotka selviävät kiinteistön isännöinnistä ja huollosta vastaavien henkilöiden kanssa käydyistä keskusteluista. Sisälämpötilojen mittaus ja tarkastus voidaan liittää myös esivalmisteluihin. (19, s. 5.)

Varsinaisiin säätötoimenpiteisiin siirrytään, kun rakennuksen lämmitysverkoston on tehty vaadittava kuntokartoitus ja lähtötietojen pohjalta laaditun korjaussuunnitelman edellyttämät muutokset ja lisäykset, jotta säätäminen on yleensä mahdollista. (12.)

3.4 Uusittavat laitteet

Suunnittelijan ja kiinteistönomistajan ehdotusten ja päätösten perusteella valitaan uusittavat laitteet. Uusittavia laitteita voivat olla esimerkiksi venttiilit ja pumput. Pääperiaatteena on, että uusitaan ne laitteet, joiden uusiminen on perusteltua niiden teknisen käyttöiän tai kiinteistön kunnossapidon kannalta ja hyväkuntoisia laitteita ei uusita turhaan. Tässä vaiheessa tehdyt virheet huomataan yleensä nopeasti. Tulevaisuudessa korjauskustannuksia saattaa kasvattaa ikääntyneiden venttiileiden uusimatta jättäminen. (19, s. 6.)

3.5 Korjausrakentamiskohteen perussäätö

Vanhoissa kiinteistöissä patteriverkoston perussäätöä suositellaan tarpeen mukaan, mikäli verkoston toiminnassa havaitaan ongelmia, joita ei saada ratkaistua pienemmillä korjaus- ja säätötoimenpiteillä. Näitä toimenpiteitä ovat esimerkiksi yksittäisten termostaattien vaihto tai korjaaminen ja lämmitysverkoston säätökäyrän muuttaminen. Perussäädön tarve riippuu myös muista taloyhtiössä toteutettavista korjauksista ja uudistuksista. Säätö on usein tarpeen esimerkiksi ikkunoiden tai ovien vaihdon yhteydessä. (18.)

4 PERUSSÄÄDETTÄVÄ KOHDE

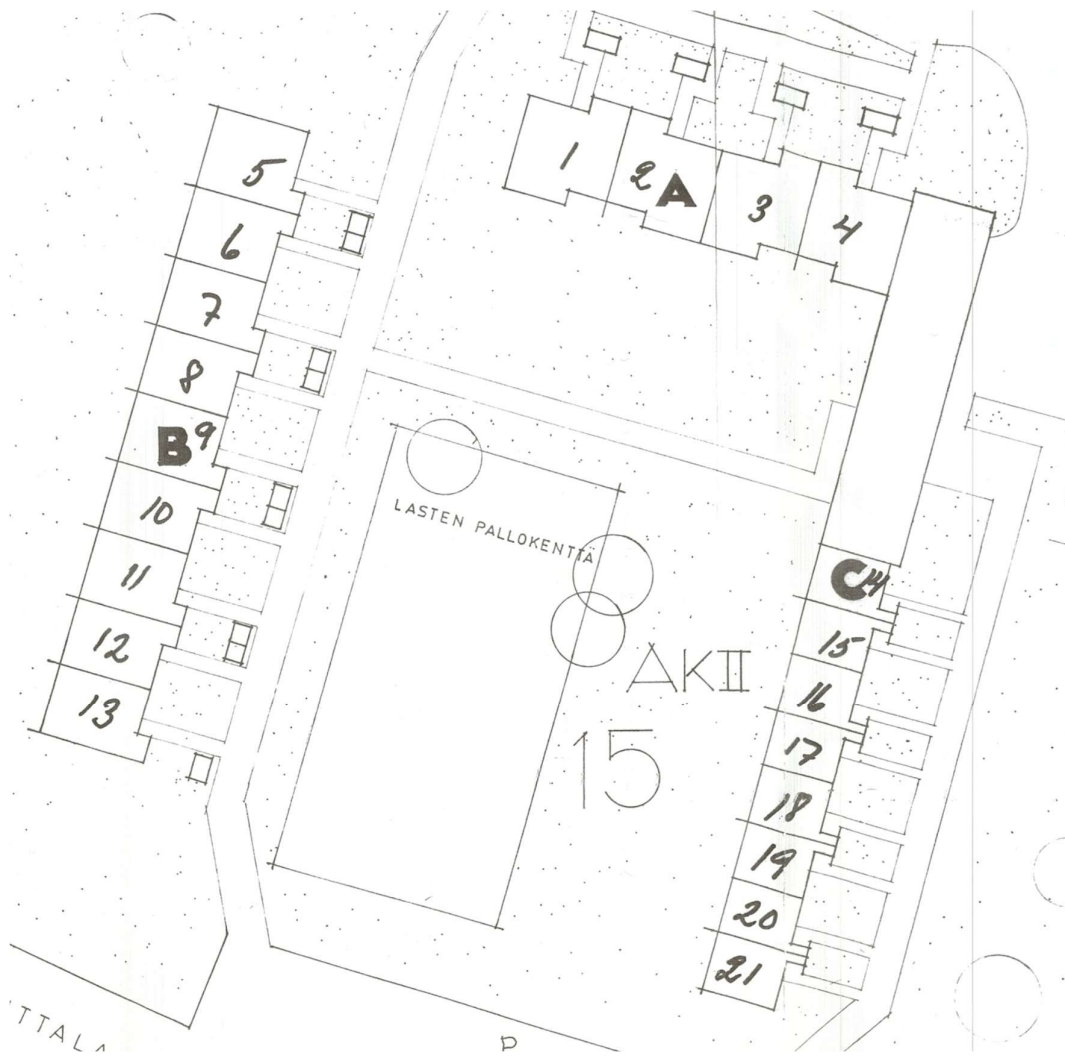
4.1 Kohteen tausta

Vuonna 1970 valmistuneeseen taloyhtiöön kuuluu kolme puurakenteista, tiiliverhoiltua, harja/huopakattoista rivitaloa, joissa on yhteensä 21 huoneistoa. Asuinpinta-alaa kiinteistössä on yhteensä 933 m². A-talon huoneistoja on neljä kappaletta ja yhden huoneiston pinta-ala on 65,5 m². B-talon huoneistoja on yhdeksän kappaletta ja yhden huoneiston pinta-ala 49 m² ja C-talon huoneistoja kahdeksan kappaletta, joista yhden huoneiston pinta-ala 28,8 m². A- ja C-talojen välissä on varastorakennus, jossa on varastotilat, pyykitupa ja kuivaushuone, yhteinen saunatila, pukuhuoneet ja pesutilat. Lisäksi varastorakennuksesta löytyy lämmönjakuhuone, sähköpääkeskus ja autotallit.

Kiinteistön ovet ja ikkunat ovat alkuperäiset. Kohteessa on kaukolämmitys ja vesikiertoiset patterit. Kiinteistöihin on tehty putkistojen pintaan nosto vuonna 1985 putkiremontin yhteydessä, ja tästä muutoksesta ei ole kuvia tallessa. Alkuperäisestä alajakaisesta putkituksesta on kuvat olemassa. Pohjapiirustukset kohteesta ovat vuodelta 1969. Tämän jälkeen huoneistoremonttien yhteydessä joitain muutoksia pohjaratkaisuissa on tapahtunut. Esimerkiksi yhteen huoneistoon B-talossa on rakennettu sauna ja yhdestä huoneistosta C-talossa on poistettu tuulikaappi. Näitä arkkitehtuurisia muutoksia ei ole pohjakuviin päivitetty. B-talossa osa vaatehuoneiden vanhoista alajakaisista pattereista, jotka eivät enää ole käytössä, on jätetty paikoilleen. Näitä pattereita ei ole mallinnettu ajan-tasakuviin.

Kohteessa on havaittu lämmityskauden aikana asuinhuoneistojen välisiä epämiellyttäviä lämpötilaeroja. Esimerkiksi B-rakennuksen toisessa pääty asunnossa on mitattu huonelämpötilaksi 18 °C ja toisessa 24 °C. Tämän vuoksi verkoston tasapainotus on tarpeen, sillä perussäätöä on aiheellista harkita, mikäli lämpötilaerot eri huoneistojen välillä ovat enemmän kuin 2°C. Vuonna 2010 kiinteistön patteriverkosto on huuhdeltu ja termostaatit uusittu, mutta verkostoa ei

silloin tasapainotettu. Verkoston veden meno- ja paluulämpötila mitoitusoloissa ovat 80/60 °C ja haluttu huonelämpötila on 21 °C (kuva 7).



KUVA 7. Asemapiirros

4.2 Kartoitus

Kiinteistön kartoituksessa kohde kierrettiin läpi. Kartoituksessa selvitettiin putkistojen ja pattereiden tiedot kirjaamalla ylös linjat ja koot sekä venttiileiden olemassa olevat esisäätöarvot. Kartoituksen pohjalta laadittiin lämmityksen ajantasakuvat ja sen tarkoituksena oli lisäksi selvittää mahdolliset uusittavat laitteistot.

Kiinteistön vesikiertoinen patterilämmitys on putkitettu kaksiputkijärjestelmällä pääosin yläjakoisesti. KytKentäputket pattereille ovat näkyvissä ja tulevat ylhäältä. Osa kytKentäjohdoista on asennettu lattiaanrajaan. Huoneistoissa on jakojohdoissa ja kytKentäjohdoissa vanhoja OSY-merkkisiä linjasäätöventtiileitä (kuva 8).



KUVA 8. Vanha OSY-merkinen linjasäätöventtiili

B-talon kauimmaisesta päätyasunnosta löytyy verkoston korkein kohta ja siellä on ilmanpoistimet (kuva 9).



KUVA 9. Vanhat ilmanpoistimet verkoston ovat korkeimmassa kohdassa.

Kohteesta löytyy useita erilaisia patterityyppejä (kuva 10). Kartoituksessa huoneistojen patterit valokuvattiin ja mitattiin, jotta niiden mallit pystyttiin selvittämään.



KUVA 10. Alkuperäinen radia-konvektori RADIA C28-2400

Patteriventtiilit ovat Danfossin esisäädettäviä RA-N venttiileitä (kuva 11 ja 12). Osa termostaateista oli vaurioitunut huoneistossa C19.



KUVA 11. Termostaattiset patteriventtiilit on uusittu vuonna 2010. Termostaatti säättää huonelämpötilan anturin mittaaman lämpötilan mukaan.

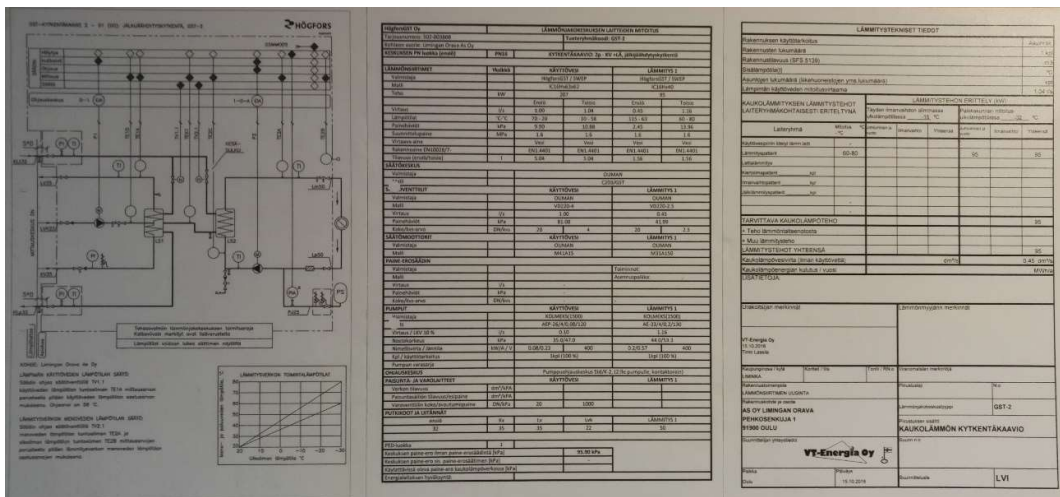


KUVA 12. Termostaatti on kiinnitetty esisäädettävään RA-N patteriventtiiliin.

C-talon varasto-osasta löytyvässä lämmönjakohuoneessa on kiinteistön kaukolämpökeskus (kuva 13). Se on uusittu vuonna 2016. Vanha kattilakeskus on jätetty paikoilleen. Uusi keskus on HögforsGST, jossa paisuntasäiliönä on Ahlsein A-Flex 200l. Lämmönjakohuoneen seinältä löytyvistä kylteistä on luettavissa tarkemmat tiedot koskien muun muassa käytössä olevaa lämmityksen pumppua ja lämmönsiirrintä. (Kuva 14).

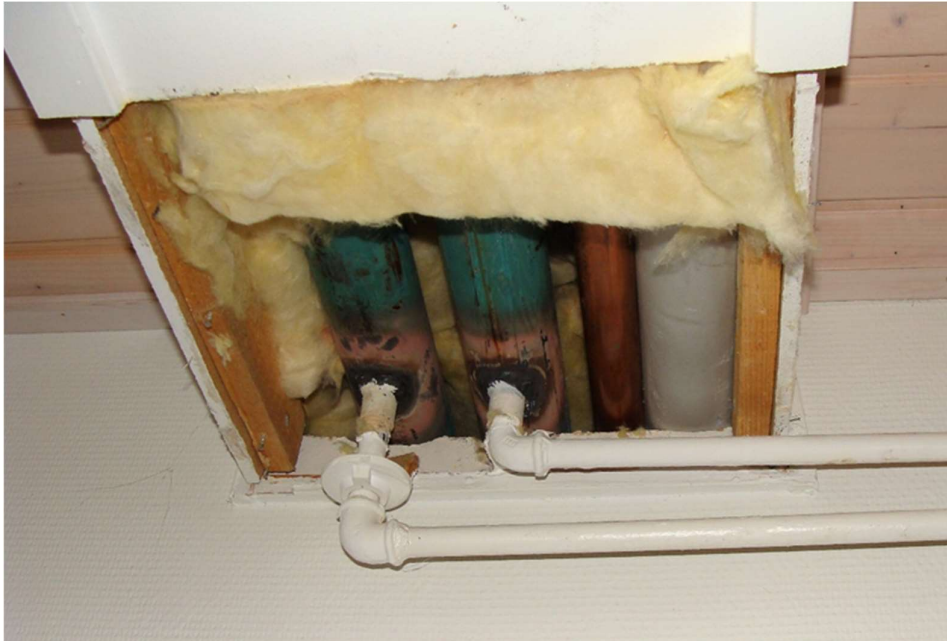


KUVA 13. Lämmönjakohuoneen uusittu kaukolämpökeskus.



KUVA 14. Lämmönjakohuoneen seinällä sijaitsevat lämmitystekniset tiedot.

Kartoituksen yhteydessä asukkailta kyseltiin lämmityksessä mahdollisesti ilmenneitä ongelmia. Tarkan kartoituksen saamiseksi jouduttiin huoneistossa remonttien yhteydessä tehtyjä putkilinjojen koteloointeja purkamaan (kuva 15). Kotelointien purkaminen oli välttämätöntä, että saatiin selville huoneistojen välillä kulkevan runkolinjan koko ja kohta, jossa koko mahdollisesti muuttuu.



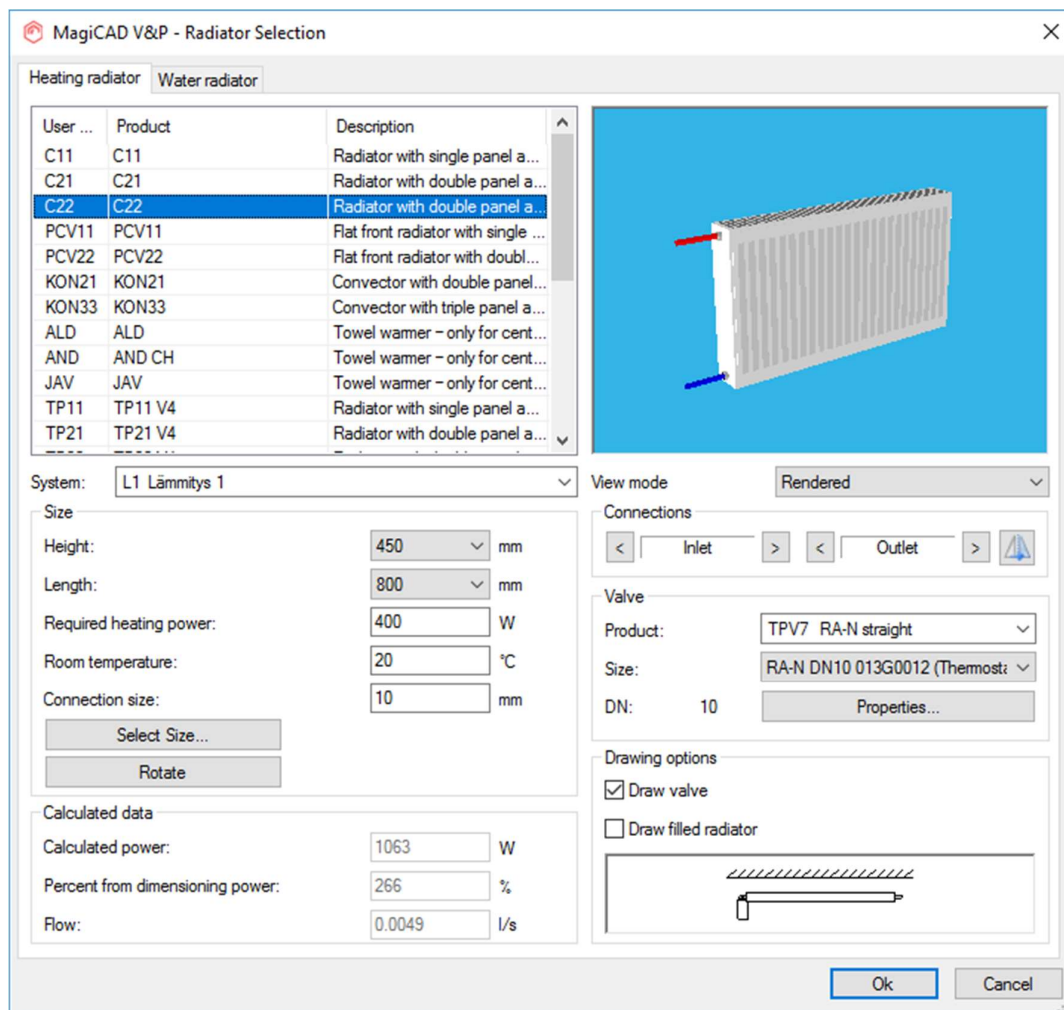
KUVA 15. Runkolinjan koteloinnin purku

A- ja B-talon välillä lämpörungot kulkevat maanalaisessa kanaalissa. Tästä reitistä ei ole kuvia tai tarkempia tietoja. Kanaalin lähdöt ovat kuparia ja nähtävissä kotelointien sisältä talojen ulkoseinien päädyissä. Runko kuitenkin muuttuu lähdön jälkeen elementin sisällä olevaksi muoviputkeksi.

Esivalmistelun ja kartoitusvaiheen jälkeen voitiin aloittaa varsinainen tietokoneavusteisesti tehtävä suunnittelutyö. Suunnittelun edellytyksenä on, että käytössä on ajan tasalla olevat lämpöjohtopiirustukset. Koska ajantasaisia kuvia ei ollut, täytyi ensin lämpöjohtoverkosto mallintaa tietokoneelle MagiCAD-ohjelmalla. MagiCAD-laskentaohjelmaan voi syöttää tarvittavat patteri- ja putkistotiedot sekä työstää laskennan alkuarvot sellaiseen muotoon, että olemassa oleva verkosto tasapainottuu.

4.3 Vanhat patteritiedot

Patteritietojen kartoitus on tärkeää, että tiedetään riittääkö pattereiden lämmönluovutustehot lämmittämään rakennuksen. Kartoitetusta kohteesta löytyi niin alkuperäisiä kuin uudempia, nykyaikaisia, pattereita. Uudemmat patterit pystytään mallintamaan vaivattomasti MagiCAD-ohjelman Radiator Selection -valikosta, kun tiedossa on pattereiden malli, mitat ja lehtisyys (kuva 16). Ohjelma laskee patterin luovuttaman tehon sen koon ja huonelämpötilan mukaan. Venttiili valikosta voi patterille valita haluamansa patteriventtiilin ja sen koon.



KUVA 16. Patterin mallinnus MagiCAD-ohjelmalla

Alkuperäisistä pattereista on saatavana tietoja hyvin vähän. Kohteesta tallella olevista alkuperäisistä lämpökuvista pystyy lukemaan pattereiden mittoja, joiden pohjalta pystyy etsimään niiden lämmönluovutustietoja. Tiedot vanhojen pattereiden tehoista löytyivät Högforsin vuoden 1981 esitteestä. Esite sisältää radiattoreiden ja konvektoreiden yleistiedot, mitat ja lämmönluovutustaulukot. Alkuperäisissä lämpökuvissa on esimerkiksi patterimerkintä "RADIA C28-2900". Jotta esitteestä saadaan tämän radia-konvektorin lämmönluovutusteho selville, täytyy ensin selvittää lämpötilaero, joka vastaa sen lämmönluovutusarvoa. Lämmönluovutusarvot vastaavat Högforsin taulukoissa lämpötilaeroa 60 °C. Lämpötilaeron selvittämiseksi käytetään ennen patterimitoituksessa käytössä ollutta kaavaa 2 (20, s. 3) ja alkuperäisiä mitoitus tietoja.

Vanha lämpötilaeron kaava on:

$$\Delta t = \frac{t_m + t_p}{2} - t_h \quad \text{KAAVA 2}$$

missä Δt = lämpötilaero °C
 t_m = menoveden lämpötila °C
 t_p = paluuv veden lämpötila °C
 t_h = huonelämpötila °C

$$\Delta t = \frac{80^{\circ}\text{C} + 60^{\circ}\text{C}}{2} - 20^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$$

Kaavalla 2 saadaan lämpötilaeroksi 50 °C, kun patterille menevä vesi on 80 °C ja patterilta palaava vesi on 60°C ja huoneen mitoituslämpötilana käytetään 20 °C:ta. Nykyään huoneen mitoituslämpötilana käytetään kuitenkin useimmin 21 °C.

Taulukosta 2 nähdään saaduille lämpötilaeroille omat muunnoskertoimet. Muuntokertoimella kerrotaan taulukon lämmönluovutusarvo. Näin esimerkissä saadun lämpötilaeron muuntokerroin on 0,8 (kuva 12).

TAULUKKO 2. Muuntokerroin taulukko Högforsin esitteestä (20, s.10.)

Lämmönluovutusarvot vastaavat lämpötilaeroa:
 Tabellvärdena motsvarar temperaturdifferensen: $\Delta t = 60^{\circ}\text{C}$

Muuntokerroin muille lämpötilaeroille – Omräkningsfaktor

Δt °C	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
k	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,35	1,45

Taulukosta 3 oikean patterikoon kohdalta voidaan nyt lukea halutun patterin lämmönluovutusteho ja kertoa se muuntokertoimella oikean lämmönluovutustehon saamiseksi. Esimerkkipatterin RADIA C28-2900 lämmönluovutusteho taulukon mukaan on 2871 W. Kun se kerrotaan muuntokertoimella 0,8, saadaan todelliseksi tehoksi 2297 W. Lämmönluovutustaulukkoon 3 on merkitty katkovivalla raja, missä yhdekoko muuttuu. Esimerkkipatterin yhdekoko on taulukon mukaan NS 15.

TAULUKKO 3. Lämmönluvutustaulukko Högforsin esitteestä (20, s. 11)

Lämmönluvutus – Värmeavgivning								
Pituus mm Längd mm	Malli ja korkeus cm				Modell och höjd cm			
	C 7-I		C 14-I		C 21-I		C 28-I	
	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h	W	kcal/h
1000	350	301	605	520	795	684	990	851
1100	385	331	666	573	875	753	1089	937
1200	420	361	726	624	954	820	1188	1022
1300	455	391	787	677	1034	889	1287	1107
1400	490	421	847	728	1113	957	1386	1192
1500	525	452	908	781	1193	1026	1485	1277
1600	560	482	968	832	1272	1094	1584	1362
1700	595	512	1029	885	1352	1163	1683	1477
1800	630	542	1089	937	1431	1231	1782	1533
1900	665	572	1150	989	1511	1299	1881	1618
2000	700	602	1210	1041	1590	1367	1980	1703
2100	735	632	1271	1093	1670	1436	2079	1788
2200	770	662	1331	1145	1749	1504	2178	1873
2300	805	692	1392	1197	1829	1573	2277	1958
2400	840	722	1452	1249	1908	1641	2376	2043
2500	875	753	1513	1301	1988	1710	2475	2129
2600	910	783	1573	1353	2067	1778	2574	2214
2700	945	813	1634	1405	2147	1846	2673	2299
2800	980	843	1694	1457	2226	1914	2772	2384
2900	1015	873	1755	1509	2306	1983	2871	2469
3000	1050	903	1815	1561	2385	2051	2970	2554
3100	1085	933	1876	1613	2465	2120	3069	2639
3200	1120	963	1936	1665	2544	2188	3168	2724
3300	1155	993	1997	1717	2624	2257	3267	2810
3400	1190	1023	2057	1769	2703	2325	3366	2895
3500	1225	1054	2118	1821	2783	2393	3465	2980
3600	1260	1084	2178	1873	2862	2461	3564	3065
3700	1295	1114	2239	1926	2942	2530	3663	3150
3800	1330	1144	2299	1977	3021	2598	3762	3235
3900	1365	1174	2360	2030	3101	2667	3861	3320
4000	1400	1204	2420	2081	3180	2735	3960	3406
4100	1435	1234	2481	2134	3260	2804	4059	3491
4200	1470	1264	2541	2185	3339	2872	4158	3576
4300	1505	1294	2602	2238	3419	2940	4257	3661
4400	1540	1324	2662	2289	3498	3008	4356	3746
4500	1575	1355	2723	2342	3578	3077	4455	3831
4600	1610	1385	2783	2393	3657	3145	4554	3916

NS 15 | NS 10

4.4 U-arvot ja lämpöhäviöt

Rakennuksen perussäätöä varten täytyy tietää rakennuksen lämmittämiseen tarvittava teho. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 on annettu ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennalle. Nämä ohjeet koskevat huomattavasti uudempia rakennuksia kuin ko. kohde. Koska kohde on vuonna 1970 rakennettu, sovellettiin siihen vanhempia energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentatietoja. Lämpöhäviöt on laskettu rakentamisvuoden aikana voimassa olleiden määräyksien mukaisilla U-arvoilla.

Rakennusten lämmitystehontarpeen laskenta aloitettiin selvittämällä ulkoseinien, yläpohjan ja alapohjan sekä ikkunoiden ja ovien lämmönläpäisykertoimet eli U-arvot. Vanhemman rakennuksen lämpöhäviölaskuja varten tarvittavat U-arvot otettiin ympäristöministeriön energiatodistusten laatijoille tarkoitetusta opasmateriaalista löytyvästä erillisestä ”Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja” -liitteestä. Tämä liite on nimenomaan tehty auttamaan rakennuksen vaipan rakenteiden lämmönjohtavuuden arviointiin tapauksissa, joissa rakennuksen suunnitelmia tai muita rakenteista kertovia dokumentteja ei ole saatavilla. Koska tarkkoja rakennepiirustuksia kohteesta ei ole, rakenteiden paksuudet on selvitetty kuvista, osittain mittaamalla paikan päällä kartoituksen yhteydessä ja isännöitsijältä saatujen rakennetietojen perusteella.

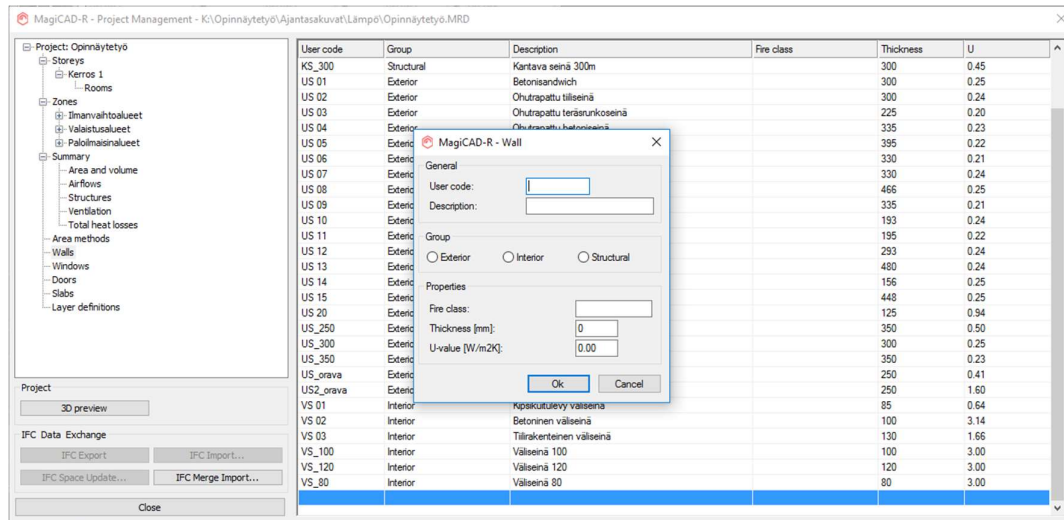
Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja -liitteestä valitut U-arvot on koottu taulukkoon 4.

TAULUKKO 4. Valitut U-arvot (21)

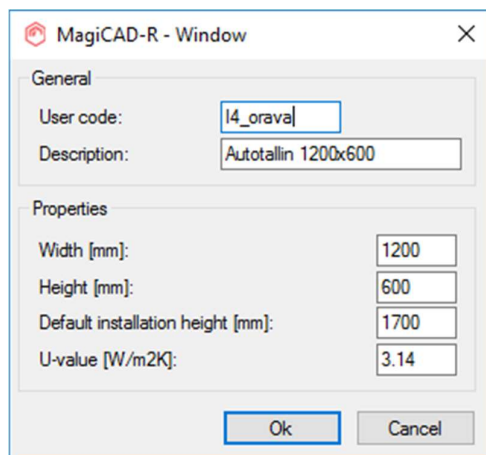
Ajankohta ja alue	Rakenne tms.	U-arvo W/m ² K
1969 RIL-suositus Oulu, Kajaani, Kuhmo -lin- jan pohjoispuolella	Ulkoseinä, muu seinä >100kg/m ²	0,41
1969 RIL-suositus Oulu, Kajaani, Kuhmo -lin- jan pohjoispuolella	Puurakenteinen yläpohja	0,35
1969 RIL-suositus, koko maa	Maanvarainen alapohja (koskee vain reuna-aluetta, alle 6m ulkoseinästä)	0,47
	Alapohja lämmittämätöntä tilaa vasten	0,47
1969 RIL-suositus, Oulu, Kajaani, Kuhmo -lin- jan pohjoispuolella	Lasipintojen U-arvovaatimus, kun ikkuna- seinäpinta-alan suhde $A_i/A_s \leq 0,3$	3,14
1978 määräykset, tasauslaskenta alkaa, refe- renssi-arvot	Lämpimäntilan oven umpiosa	0,7

U-arvojen määrittelyn jälkeen rakenteille löydetty arvot syötettiin MagiCAD Room -ohjelmaan, jossa kaikille rakenteelle luotiin oma tunnus (kuva 17). U-arvon lisäksi jokaiselle rakenteelle määriteltiin materiaali, paksuus ja korkeus (kuva 18). Rakenteiden luonnin jälkeen mallinnettiin rakennuksen pohjakuvien päälle seinärakenteet Room-ohjelmalla. Ulkoseinien ja väliseinien lisäksi mallinnettiin kuviin myös ovet ja ikkunat. Koko rakennuksen mallintamisen jälkeen määriteltiin huonetilat ja niiden tiedot. Joka huoneelle voitiin asettaa tarkempia tietoja, kuten haluttu sisäilman lämpötila, ilmanvaihdon tiedot ja poikkeavat ylä-, väli- ja alapohjien U-arvot. MagiCAD Room -ohjelma laskee syötettyjen tietojen perusteella jokaiselle huonetilalle sen lämpöhäviöt. Halutuksi huonelämpötilaksi

asetettiin 21 °C kaikkiin huoneisiin paitsi kylpyhuoneisiin 23 °C kosteusriskin vähentämiseksi.



KUVA 17. Seinärakenteen luonti Room-ohjelmaan



KUVA 18. Kohteen autotallin ikkunan mallinnustiedot Room-ohjelmaan

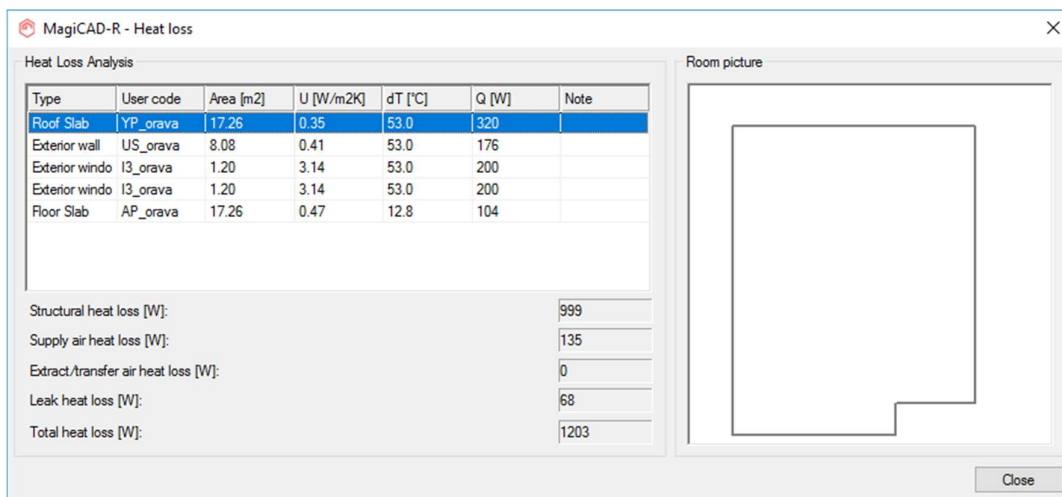
Ilmanvaihto vaikuttaa myös lämpöhäviön määrään. Kohteessa on painovoimainen ilmanvaihto. Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toiminta perustuu korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin. Lämmin sisäilma kevyempänä virtaa poistoilmakanavassa ylöspäin ja ulos rakennuksesta.

Tilalle tulee ulkoilmaa ulkoilmalaitteiden kautta ja rakenteiden ilmavuotoina. (22, s.3)

Koska ilmanvaihto tulisi mitoittaa niin, että ilma vaihtuu kahdessa tunnissa rakennuksen tilavuuden verran, valittiin MagiCAD Roomissa huoneiden ilmanvaihtoon "By times per hour" ja tuloilman vaihdoksi 0,5 1/h. Kuvasta 19 nähdään ilmanvaihtoasetuksien lisäksi myös huoneen tiedot, kuten korkeus ja pinta-ala sekä voidaan asettaa sille haluttu huonelämpötila, mitoittava ulkolämpötila ym. Heat loss analysis -painikkeen takaa näkee tarkemmin rakenteiden ja ilmanvaihdon aiheuttamat lämpöhäviöt (kuva 20).

The screenshot shows the 'MagiCAD-R - Room' dialog box. The 'Room' section includes fields for 'User code' (1M+2), 'Room name' (Makuuhuone), and a 'Note' field (MAKUHUONE A1). It also displays 'Room height [mm]' (2400), 'Area (gross/net)[m2]' (17.7 / 16.1), and 'Room volume (gross/net)[m3]' (42.5 / 38.7). The 'Ventilation' section has two main options: 'By manual values' and 'By area'. Under 'By manual values', 'Supply airflow [l/s]' is 5 [m3/h] 19 and 'Extract airflow [l/s]' is 0 [m3/h] 0. Under 'By area', 'Supply airflow [l/s,m2]' is 0.3 [m3/h,m2] 1.2. The 'By times per hour' option is selected, with 'Supply airflow [1/h]' set to 0.5 (circled in red) and 'Extract airflow by percent of supply' set to 0. The 'Air exchange rate [1/h]' is 0.10. The 'Temperatures' section shows 'Temperature setpoint for heating [°C]' at 21.0, 'Supply air temperature [°C]' at 0.0, and 'Transfer air temperature [°C]' at -32.0. The 'Roof Slab Exception' and 'Floor Slab Exception' sections show 'Area coverage from room area [%]' at 0 and 'Background temperature [°C]' at 0.0. The 'Heat Loss' section shows 'Total heat loss [W]' at 1203 and 'Manually given heat loss [W]' at 0. A 'Heat loss analysis...' button is at the bottom right, along with 'Ok' and 'Cancel' buttons.

KUVA 19. Ilmanvaihdon määrittäminen MagiCAD-Roomissa



KUVA 20. Huonekohtainen lämpöhäviöanalyysi

4.5 Tasapainotuksessa huomioon otettuja asioita

MagiCAD-ohjelman tasapainotus laskee jokaiselle patterille sen kv-arvon ja kun tiedetään patteriventtiili, saadaan myös oikea esisäätöarvo 0,1 desimaalin tarkkuudella. Tasapainotusta tehdessä huomioitiin kohteen pattereiden ja verkoston ikä niin, että patteriventtiiliin esisäätö arvoksi pyrittiin saamaan vähintään 1,5. Käytännössä tämän pitäisi ehkäistä patteriventtiileiden tukkeutuminen, kun virtausaukko ei ole asetettu pienimmälle arvolle. Patterin kv-arvoa pystyy kasvattamaan siirtämällä osa ison patterin tehosta pieneen patteriin ja näin lisäämään pienen patterin virtaamaa ilman, että huoneiston lämmitysteho muuttuu.

Ajantasaisissa lämpökuvissa pattereiden tunnusmerkintä sisältää järjestyksessä seuraavat tiedot:

- pituus (mm)
- korkeus (mm)
- levyjen lukumäärä
- patterin teho (W), kv-arvo, esisäätöarvo

Kohteessa olevat linjasäätöventtiilit ovat ikääntyneitä. Neuvottelujen jälkeen tulitiin siihen tulokseen, että tasapainotusta varten uusitaan lähtevien runkolinjojen paluupuolelle asetetut linjasäätöventtiilit, jotka löytyvät C-talon autokatoksessa

olevasta varastosta. Lisäksi huoneistoissa olevat linjasäätöventtiilit ovat myös ikääntyneitä. Näitä ei kuitenkaan taloudellisista syistä vaihdeta uusiin. Vaihdaminen saattaisi kasvattaa lisäksi ääniongelmien riskiä. Käytännössä huoneistojen linjasäätöventtiilit tullaan ajamaan täysin auki-asentoon ja säätö tapahtuu patteriventtiileistä säätämällä. MagiCAD-ohjelman tasapainotuksessa nämä linjasäätöventtiilit on korvattu sulkuventtiileillä. Näin saadaan todenmukaisempi virtausvastus tasapainotusta laskiessa. Ajantasakuvista ne löytyvät kuitenkin oikean linjasäätöventtiili-symbolin takaa. Patteriventtiileitä ei tarvitse uusia, sillä ne on uusittu vuonna 2010. Verkoston ilmanpoistimet suositellaan vaihdettaviksi uusiin.

Lämmönjakohuoneen kaukolämpökeskus on myös uusittu kokonaan lokakuussa 2016. Lämmityspuolen pumppu on Kolmeksin AE-33/4 vakionopeuspumppu. Pumpun sopivuus tarkistettiin Kolmeksin Pump Manager -ohjelmalla. Ohjelma osoitti järjestelmässä olevan pumpun soveltuvan kohteeseen.

C-talossa olevassa saunassa ei ole omaa patteria. Saunatilan vaatima lämmitysteho on siirretty pesutiloissa 1 ja 2 oleviin pattereihin.

4.6 Säädön toteutus

Taloyhtiö valitsee asennusliikkeen tarjouspyyntöjen ja niiden perusteella käytöjen neuvottelujen perusteella. Liikkeet, joille tarjouspyyntö lähetetään, voidaan poikkeuksellisesti valita ilman tasapainotuksen tehnyttä suunnittelijaa. Tarjouspyyntö suositellaan lähetettäväksi vain sellaisille asentajille, joiden ammattitaidosta voidaan olla vakuuttuneita. Yleensä 3–5 tarjouspyyntöä riittää tuottamaan halutun lopputuloksen. Valinta kohdistetaan ensisijaisesti asennusliikkeeseen, jonka tarjous on kokonaistaloudellisesti edullisin. Ennen urakkasopimuksen solmimista on syytä varmistaa, että urakoitsija on huolehtinut lakisääteisistä velvollisuuksistaan ja että hän on taloudellisesti luotettava yhteistyökumppani.

Ennen varsinaisen säätötyön aloittamista verkostoon uusitaan tarvittavat laitteistot. Uusittaviksi linjasäätöventtiileiksi suositellaan TA Hydronicsin valmistamia STAD-linjasäätöventtiileitä (liite 1). Vaurioituneet termostaatit uusitaan.

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän perussäädöt tehdään LVI-ohjekortin LVI 41-10230 -ohjeiden mukaan. Näitä ohjeita seuraamalla onnistutaan säädöt tekemään oikein ja taataan lämmitysjärjestelmän oikeaoppinen toiminta.

Säätötyö aloitetaan verkoston ilmaamisella. Ilmauksen puutteellisuus on keskeinen syy perussäätöjen epäonnistumiseen. Säätö aloitetaan patterien yhteyteen asennetuista patteriventtiileistä ja verkoston runkolinjojen alussa olevista paluupuolen johtoon asennetuista linjasäätöventtiileistä.

Patteriventtiilien termostaattiosat irrotetaan ennen säätötyön aloittamista, ettei termostaatti vaikuta virtaamiin säädön aikana. Säätovaiheessa asetetaan suunnitelmien mukaiset arvot venttiileille. Venttiilien säädöt aloitetaan säätämällä ensin patteriventtiilien esisäätöarvot suunnitelmien mukaiseksi ja tämän jälkeen säädetään linjasäätöventtiilit. Liitteestä 2 on esitetty patteriventtiilien kv-arvoalueet ja esisäätöarvot. Linjasäätöventtiilien säädössä on tärkeää, että virtaamat vastaavat suunniteltuja virtaamia. Linjasäätöventtiileiden virtaamat mitataan, kun alkuarvot on asetettu. Jos venttiilin virtaama ei vastaa suunnitelmia, säädetään virtausaukon kokoa niin, että haluttu virtaama toteutuu. Huoneistojen vanhat linjasäätöventtiilit säädetään täysin auki-asentoon.

Tämän jälkeen säädetään säätökeskuksesta lämmityksen säätökäyrä. Näin varmistetaan, että lämmitysverkoston vesi on oikean lämpöistä.

Huoneistokohtaiset lämpötilamittaukset suoritetaan aikaisintaan kahden päivän kuluttua siitä, kun säätökäyrä on asetettu, jotta halutut muutokset lämpötilassa ehtivät tapahtua. Lämpötilamittaukset tehdään termostaatit irrotettuina. Termostaattien ollessa irrotettuna saadaan huonelämpötiloista arvot, jotka eivät huomioi ulkoisten kuormien vaikutusta lämpötilaan. Tämä tarkoittaa, että ilman termostaattia patteriventtiili ei osaa huomioida mahdollisista ihmisistä, kodinkoneista ja valaistuksesta tulevaa lämpökuormaa. Kun termostaatit ovat irrotettuina, täytyy huomioida rakennuksessa olevat patteriventtiileiden tyypit. Kiinteistöistä löytyvien RA-N venttiileiden esisäätöarvoja pystyy muuttamaan helposti termostaattien ollessa irrotettuina. Mikäli säädettävä rakennus on lämpötilamittausten aikana asutettu, on vaarana, että asukkaat muuttavat arvoja ennen,

kuin termostaatit saadaan asennettua paikoilleen. Näissä tapauksissa on asukkaita informoitava asiasta ja mahdollisesti asennettava suojahatut venttiileihin lämpötilamittausten ajaksi. Verkoston perussäätö on onnistunut, mikäli rakennuksissa todetaan tasaiset huoneistojen väliset lämpöolot mittausten tuloksena. Tämän jälkeen termostaatit voidaan asettaa takaisin paikoilleen.

Kulutusseurannan avulla varmistetaan perussäädössä asetettujen energiansäästötavoitteiden saavuttaminen. Taloyhtiön hallituksen on järkevää edellyttää, että kiinteistön energiankulutusta seurataan ja siitä raportoidaan vähintään kuukausittain. Kulutusseurannan järjestäminen käytännössä on isännöitsijän tehtävä. Myös taloyhtiön asukkaille kannattaa säännöllisesti tiedottaa toteutuneista kulutusluvuista. (19.)

5 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli saada taloyhtiön käyttöön ajantasakuvat lämmityksestä. Tämä opinnäytetyö on tyypiltään lähimpänä suunnittelutyötä, koska ajan-
tasakuvien lisäksi toteutukseen kuului tasapainoitussuunnitelman laatiminen kohteeseen. Lisäksi opinnäytetyön tarkoituksena oli syventyä tarkemmin vesikiertoisen patteriverkoston toimintaan, varusteisiin sekä perussäätöön ja tutkia yleisiä patteriverkoston lämmitysongelmia. Käytetyistä menetelmistä keskeisimmät työn toteutumiseen olivat kohteeseen tehty kartoitus, patteriverkoston mallintaminen ajan tasalle ja tasapainoitussuunnitelman tekeminen suunnitteluohjelmalla.

Tarvittavat selvitykset ja laskelmat perussäätöä varten saatiin suoritettua. Kuitenkin vanhojen suunnitelmien puutteellisuus aiheutti ongelmia, koska kohteesta ei kartoitusvaiheessa pystytty selvittämään putkireittejä ilman kotelointien purkua. Lämpöhäviölaskennassa haasteita aiheutti kohteen rakennekuvien puuttuminen, epätietoisuus seinärakenteiden, kanaalin, alapohjan ja katon tarkoista rakennetiedoista. Koska tarkkoja rakennepaksuuksia ja tietoja ei työn kohteesta ollut saatavana, saattavat saadut arvot poiketa jonkin verran todellisista. Ennen tasapainotuksen toteutusta tähän ei kuitenkaan saada varmuutta. Tulevaisuudessa kiinteistöön mahdollisesti uusitaan ulko-ovet, mikä todennäköisesti tulee vaikuttamaan parantavasti lämmöneristyskykyyn.

Aikaan saatiin teoreettisesti kattava raportti vesikiertoisen patteriverkoston toiminnasta, siihen liittyvistä mahdollisista ongelmista sekä perussäädöstä. Raportin suurin hyöty tulee olemaan työn tilaajalle, kun perussäätö toteutetaan.

LÄHTEET

1. LVI 19-10399. 2006. Lämmitä oikein. Vesikeskuslämmitysjärjestelmän käyttäjän ohje. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/10399> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 15.2.2017.
2. LVI 12-10343. 2002. Vesikiertoinen patterilämmitys. Rakennustieto Oy. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/10343> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 15.2.2017.
3. Vesikiertoinen patterilämmitys. 2016. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/lahtotilantee-seen_tutustuminen/vesikiertoinen_patterilammitys. Hakupäivä: 15.2.2017.
4. Patteriverkoston toiminta. 2016. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato/patteriverkoston_toiminta Hakupäivä 22.2.2017.
5. Patteriverkoston osat. 2016. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato/patteriverkoston_osat. Hakupäivä 22.2.2017.
6. LVI 11-10472. 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/104528> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 9.5.2017.
7. Paisunta-astian huolto. 2017. Huoltosivut. Saatavissa: <http://huoltosivut.fi/paisunta-astian-huolto/>. Hakupäivä 9.5.2017.
8. Patteriverkoston ongelmat. 2017. C-Flush. Saatavissa: <http://www.flush.fi/etusivu/>. Hakupäivä 8.5.2017.
9. Patteriventtiilit, -termostaatit ja tarvikkeet. 2015. Stark. Saatavissa: <http://www.stark-suomi.fi/fi/LVIS/patteriventtiilit---termostaatit-ja-tarvikkeet>. Hakupäivä 9.5.2017.

10. Stad Linjasäätöventtiilit. TA Hydronics. Saatavissa: https://www.lvi-dahl.fi/uploads/tx_mscproducts/LINJASAATOV_TA_STAD_SK.pdf. Hakupäivä 9.5.2017.
11. Lämmityksen säätökäyrä ja lämpimän käyttöveden oikea lämpötila. 2017. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiöt/energiaeksperttitoiminta/lahtotilanteeseen_tutustuminen/lammituksen_saato_kayra_ja_lampiman_kayttoveden_oikea_lampotila. Hakupäivä 4.5.2017.
12. LVI 41-10230. 1994. Lämmitysverkon säätö. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/10230> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 9.5.2017.
13. Sisälämpötila. 2014. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/nain_saastat_energiaa/lammonsaasto/sisalampotila Hakupäivä 21.2.2017.
14. Korroosio lämmitysverkossa. 2016. Lämmönhuolto. Saatavissa: <http://www.lammonhuolto.fi/korroosio.html>. Hakupäivä 25.4.2017.
15. Spirovent'dirt lianerottimet. 2014. Verkkodokumentti. Kolmeks Ab. Saatavissa: http://www.kolmeks.fi/Download/21812/dirt_kolmeks_suomi.pdf. Hakupäivä 8.5.2017.
16. LVI 12-10327. 2001. Vesikeskuslämmityksen äänitekkinen suunnittelu ja äänenvaimennus. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto-kauppa.fi/vesikeskuslammituksen-aanitekkinen-suunnittelu-ja-aanenvaimennus/LVI8302/dp> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 9.5.2017.
17. Lämmitysverkoston tasapainotus optimoi energian käytön. 2016. Ympäristö.fi. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaus-tieto/Taloyhtiöt/Korjaushankkeet/Talotekniikka/Lammitysverkoston_tasapainotus. Hakupäivä 5.5.2017.

18. Milloin verkoston perussäätö on tarpeen toteuttaa? 2017. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiöt/patteriverkoston_perussaato/milloin_verkoston_perussaato_on_tarpeen_toteuttaa. Hakupäivä 9.5.2017.
19. Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilman. 2002. Motiva. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>. Hakupäivä 9.5.2017.
20. Radiaattorit ja konvektorit. 1981. Esite. Högfors.
21. Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnittelu-arvoja. Liite. Energiatodistus opas. Ympäristö.fi. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BAC7A25CB-AE7E-4869-8884-1AE74D3FE2DE%7D/100058>. Hakupäivä 19.5.2017.
22. D2 (2012). 2017. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 08.05.2017.

Esisäätöarvon asetus:

Venttiili esisäädetään esimerkiksi asentoa 2,3 vastaavalle virtaamalle ja painehäviölle seuraavasti:

1. Sulje venttiili kokonaan (kuva 1).
2. Avaa venttiili 2,3 kierrosta (kuva 2).
3. Kuusiokoloavaimella (3 mm) ruuvataan sisäkaraa myötäpäivään kunnes se on pohjassa.
4. Nyt venttiili on esisäädetty.

Esisäätöarvon tarkistamiseksi venttiili suljetaan. Osoittimessa on silloin luku 0,0. Tämän jälkeen venttiili avataan pysähtymiseen saakka. Kahvan osoitin näyttää tällöin esisäätöarvon, tässä tapauksessa 2,3 (kuva 2).

Oikean venttiilikoon, halutun virtaaman, painehäviön ja esisäätöarvon määrittämiseksi käytetään venttiilin painehäviökäyrästä.

Käyrästä on merkitty eri virtaamien jokaisen eri venttiilikoon eri esisäätöarvolla aiheuttama painehäviö.

Venttiili on täysin auki kun esisäätö on 4 (kuva 3). Yli neljän kierroksen olevat asennot eivät lisää virtausta.

Kuva 1

Kiinni oleva venttiili



Kuva 2

Auki 2,3 kierrosta



Kuva 3

Täysin auki oleva venttiili

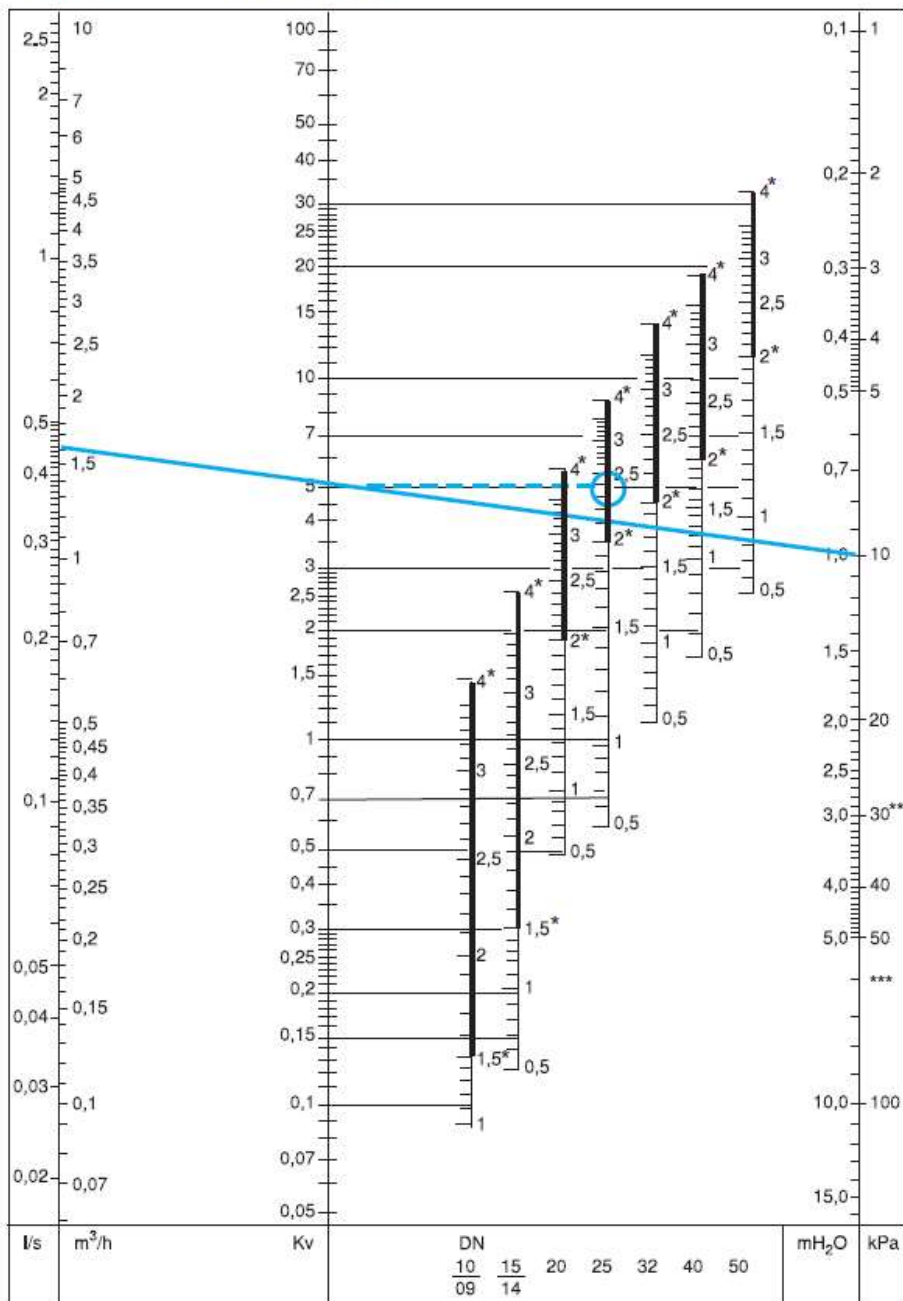


Kv-arvot:

Kierros	DN 10/09	DN 15/14	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.127	0.511	0.60	1.14	1.75	2.56
1	0.090	0.212	0.757	1.03	1.90	3.30	4.20
1.5	0.137	0.314	1.19	2.10	3.10	4.60	7.20
2	0.260	0.571	1.90	3.62	4.66	6.10	11.7
2.5	0.480	0.877	2.80	5.30	7.10	8.80	16.2
3	0.826	1.38	3.87	6.90	9.50	12.6	21.5
3.5	1.26	1.98	4.75	8.00	11.8	16.0	26.5
4	1.47	2.52	5.70	8.70	14.2	19.2	33.0

Käyrästä:

Painehäviö mitataan venttiilin mittausyhteistä. Säätöventtiilin asentoa vastaava kv-arvo (ja päinvastoin) saadaan yhdistämällä ao venttiilikokoa vastaava ja kv arvo pylväsasteikko vaakasuoralla viivalla. Pylväsasteikot virtaama - Kv - painehäviö yhdistävän suoran leikkauspisteistä saadaan halutut arvot.



Tekniset arvot

RA 2000 Venttiilirungot RA-N ja RA-G

RA-N venttiilit

Malli	Liitäntä	Rakenne	K _v -alue								K _{vs}	Tilausnro	LVI-nro
			1	2	3	4	5	6	7	N			
RA-N 10 ¹⁾	10	Kulma	0,04	0,08	0,12	0,19	0,25	0,33	0,38	0,56	0,65	013G0051	4035112
RA-N 10 ¹⁾	10	Suora	0,04	0,08	0,12	0,19	0,25	0,33	0,38	0,56	0,65	013G0052	4035102
RA-N 10 UK ¹⁾	10	Ulkokulma	0,04	0,08	0,12	0,19	0,25	0,33	0,38	0,56	0,65	013G3031	4035122
RA-N 15 ¹⁾	15	Kulma	0,04	0,08	0,12	0,20	0,30	0,40	0,51	0,73	0,90	013G0053	4035114
RA-N 15 ¹⁾	15	Suora	0,04	0,08	0,12	0,20	0,30	0,40	0,51	0,73	0,90	013G0054	4035104
RA-N 15 UK ¹⁾	15	Ulkokulma	0,04	0,08	0,12	0,20	0,30	0,40	0,51	0,73	0,90	013G3033	4035124
RA-N 20 ²⁾	20	Kulma	0,10	0,15	0,21	0,30	0,36	0,45	0,73	1,04	1,40	013G0055	4035116
RA-N 20 ²⁾	20	Suora	0,10	0,15	0,21	0,30	0,36	0,45	0,73	1,04	1,40	013G0056	4035106
RA-N 20 UK ²⁾	20	Ulkokulma	0,08	0,16	0,24	0,36	0,52	0,69	0,82	0,85	1,08	013G3035	4035126
RA-N 25 ³⁾	25	Kulma	0,10	0,15	0,17	0,26	0,35	0,46	0,73	1,04	1,40	013G0037	4035118
RA-N 25 ³⁾	25	Suora	0,10	0,15	0,17	0,26	0,35	0,46	0,73	1,04	1,40	013G0038	4035108

1) Sisältää patteriyhdistäjän. Venttiili voidaan asentaa puserrusliittimillä menopuolelle. Ks. tarvikkeet.
2) Sisältää patteriyhdistäjän.
3) Rakenne normin HD 1215-2 sarjan D mukainen, sisältää patteriyhdistäjän.

Esisäätö asteikko

RA-N venttiileissä on esisäätö. Esisäätö tapahtuu nostamalla esisäätöpyörää ja kääntämällä se halutun esisäätöarvon kohdalle.

Esisäätöarvot voidaan valita väliltä 1 - 7 puolen numeron tarkkuudella.

Esisäätöarvolla N on venttiili täysin auki.

Asteikon ulkopuolisia arvoja ei saa käyttää (viivoitettu alue).

Painehäviökäyrästä on venttiin virtaama paine-eron suhteessa eri esisäätöarvoilla.

